

# 第十二章

## 绘图软件介绍

潘建瑜

华东师范大学数学系

2010.05

# 图形概述

## □ 图形的分类：矢量图与点阵图

👉 **矢量图**：用数学表示，保存图的几何特征，如直线的端点、样条曲线的控制结点等

**点阵图**：通常以矩阵形式表示，存贮图像的每个像素点的颜色，可通过复杂的算法进行压缩

👉 **矢量图**：图形的精确数学刻画，具很高的精度，经放缩、坐标变换而不丢失信息，一般文件较小

**点阵图**：图像的直接采样，可表现复杂的内容，但放缩、坐标变换后可能会失真，通常文件较大

# 图形概述

- 👉 **矢量图**：可用来表示具有一定逻辑的示意图，如流程图、数学曲线等
- 点阵图**：可用来表示不能用数学逻辑关系描述的照片等，或特别复杂的数据图、3D 图等
- 👉 **矢量图**输出时需要先转换为一定精度的点阵图

# 图形概述

👉 **矢量图**：可用来表示具有一定逻辑的示意图，如流程图、数学曲线等

**点阵图**：可用来表示不能用数学逻辑关系描述的照片等，或特别复杂的数据图、3D 图等

👉 **矢量图**输出时需要先转换为一定精度的点阵图

❑ **绘图工具**：绘制矢量图工具；绘制点阵图工具

👉 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X可插入外部图像，或使用宏包绘制矢量图形

👉 外部绘图工具：专业、强大

👉 内部命令或宏包：直接、有效

# L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X插图宏包

□ L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X插图宏包: `graphics` / `graphicx`

☞ 其它相关宏包

- `color` / `xcolor` : 提供颜色和混色机制
- `figure`: 浮动图形宏包
- `float`: 定制浮动环境样式
- `caption`: 控制 `figure` 等浮动环境的标题格式
- `subfigure`: 提供子图形功能
- `psfrag` / `psfragx`: 用于替换 EPS 图形中的文字
- `overpic`: 在插入的图形上方增加网格与标注文字

# L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X绘图宏包

## □ L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X绘图宏包

- 👉 picture: 提供一些简单的绘图功能
- 👉 amscd, diagrams, xy-pic: 绘制交换图
- 👉 PSTricks, PGF/TikZ: 功能强大的绘图宏包
- 👉 MetaPost, Asymptote: 绘图语言

# 绘图宏包 PSTricks

## ❑ PSTricks 绘图宏包

- 👉 基于 PostScript 语言的宏命令集，与  $\text{\LaTeX}$  兼容
- 👉 具有着色、制图、饼图、旋转、遮盖等强大的图形处理功能，可在  $\text{\TeX}$  源文件中直接使用 `pstricks` 命令绘制图形
- 👉 不能和 `pdftex`/`pdflatex` 配合使用  
(`latex` → `dvips` → `ps2pdf`, 或使用 [PDFTricks](#) )
- 👉 基于 PSTricks 开发的绘图宏包:  
`pst-plot`, `pst-3d`, `pst-node`, ...
- 👉 主页: <http://tug.org/PSTricks/>

# 绘图宏包 PSTricks

## ❑ PSTricks 的使用

```
\usepackage{pstricks}
```

- 👉 基于直角坐标系，取当前位置为原点
- 👉 **unit**: 长度单位，默认为 1cm，可用 **\psset** 修改或在其它命令的选项中用 “**unit=长度**” 修改  
→ 例: **\psset{unit=0.6cm}**
- 👉 其它长度单位: **xunit**, **yunit**, **runit** (圆弧)
- 👉 **\psset** 命令: 全局设置命令



# 绘图宏包 PSTricks

## 画直线

$$\backslash\text{psline}[\text{选项}]\{\text{箭型}\}(x_1, y_1)(x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)$$

- 👉 选项和箭型可以不出现，此时画实线
- 👉 只给出一个点时，以原点为起点
- 👉 绘图命令不占位置
- 👉 例：1204.tex

# 绘图宏包 PSTricks

## ❑ 画直线（续）

☞ 通常放在 pspicture 环境中













```
\begin{pspicture}[选项]( $x_0$ ,  $y_0$ )( $x_1$ ,  $y_1$ )
    ...
\end{pspicture}
```

→ ( $x_0, y_0$ ), ( $x_1, y_1$ ): 绘图盒子的左下角与右上角  
(确定绘图区域)

→ 只给出一个坐标时, 以原点为绘图盒子的左下角

☞ 绘图盒子的上下移动: `shift` 选项 (1204.tex)

# \psline 的箭型

输 入	样 式	说 明
-		实线
<->		箭头
>-<		逆向箭头
<<->>		双重箭头
>>-<<		双重逆向箭头
-		T形条, 限制在端点坐标之内
* -   *		T形条, 以端点坐标作为中心
[-]		方括号
(-)		圆括号
o-o		圆圈, 以端点坐标为圆心
*-*		圆盘, 以端点坐标为圆心
**--**		圆盘, 限制于端点之内
C-C		外突的圆头
cC-cC		受限于端点坐标的圆头
C-C		外突的方头

## \psline 的选项

☞ 线条两头可以取不同的形状，如：o-c

☞ 其它选项

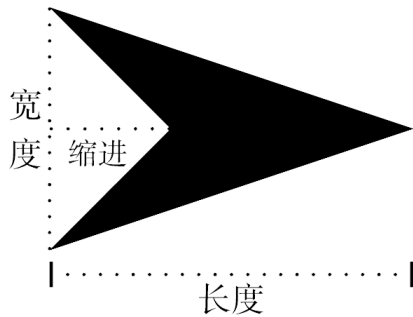
- `linecolor`=颜色：可以是 red, green, yellow, blue, cyan, magenta
- `linestyle`=类型：可以是 dashed, dotted
- `linewidth`=宽度：默认为 0.8pt
- `doubleline`=true：双线
- `doublesep`=宽度：双线之间的距离  
默认为  $1.25 \times \text{linewidth}$
- `linearc`=长度：折线拐弯时的弧线半径
- `showpoints`=true：显示各个节点
- `arrows`=箭型：指定箭型

# 一些参数

参 数	值	说 明
<code>dash=5pt 3pt</code>	线段长 5 pt, 间隙 3pt	虚线 (dashed) 的参数
<code>dotsep=3pt</code>	间隙 3pt	点线 (dotted) 的参数
<code>dotsize=0.5pt 5</code>	$5 \times \text{linewidth} + 0.5\text{pt}$	圆的直径
<code>tbarsize=2pt 5</code>	$5 \times \text{linewidth} + 2\text{pt}$	T 形条、方括号或圆括号的宽度
<code>bracketlength=0.15</code>	$0.15 \times \text{宽度}$	方括号的长度
<code>rbracketlength=0.15</code>	$0.15 \times \text{宽度}$	圆括号的长度
<code>arrowsize=2pt 3</code> <code>arrowlength=1.4</code> <code>arrowinset=0.4</code>	宽度 = $3 \times \text{linewidth} + 2\text{pt}$ 长度 = $1.4 \times \text{宽度}$ 缩进 = $0.4 \times \text{长度}$	箭头形状

 以上参数都可以在[选项](#)中修改 (1204.tex)

# 关于箭头的参数



# 画封闭折线

## 画封闭折线（多边形）

```
\pspolygon[选项](x_1, y_1)(x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)
```

```
\pspolygon*(x_1, y_1)(x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)
```

👉 带星号的命令是画实心多边形

## 画矩形

```
\psframe[选项](x_1, y_1)(x_2, y_2)
```

```
\psframe*(x_1, y_1)(x_2, y_2)
```

👉 画圆角矩形: `framearc=数`（圆角直径=`数`×短边）

→ 或 `[cornersize=absolute, linearc=数]`（绝对长度）

# 画封闭折线

## 画等腰三角形

```
\pstriangle[选项](x, y)(b, h)
\pstriangle*(x, y)(b, h)
```

☞  $(x, y)$ : 底边中点;  $b$ : 底边长;  $h$ : 底边上的高

## 画菱形

```
\psdiamond[选项](x, y)(d_1, d_2)
\psdiamond*(x, y)(d_1, d_2)
```

☞  $(x, y)$ : 菱形的中心  
水平与竖直对角线长为:  $2d_1$  和  $2d_2$



# 画曲线

## 画点

```
\psdots[选项](x,y)
```

## 画圆

```
\pscircle[选项](x,y){r}
```

```
\pscircle*(x,y){r}
```

👉  $(x, y)$  是圆心;  $r$  是半径

# 画曲线

## 画圆弧:

```
\psarc[选项](x,y){r}{deg1}{deg2}
\psarcn[选项](x,y){r}{deg1}{deg2}
```

- ☞  $(x, y)$  是圆心;  $r$  是半径,  
deg<sub>1</sub>, deg<sub>2</sub> 为起始与结束的角度
- ☞ `\psarc` 按逆时针画; `\psarcn` 按顺时针画
- ☞ 相应的带星号的命令画实心弓形

# 画曲线

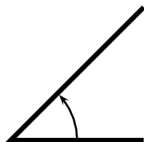
## 画扇形:

```
\pswedge[选项](x,y){r}{deg1}{deg2}  
\pswedge*(x,y){r}{deg1}{deg2}
```

- 👉 参数含义同 `\psarc`
- 👉 相应的带星号的命令画实心扇形

# 画曲线

## 画带箭头圆弧的角:



```
\begin{pspicture}(-2,0)(2,2)
\psline[linewidth=2pt](2,0)(0,0)(2,2)
\psarc[arcsepB=2pt]{->}(0,0){1}{0}{45}
\end{pspicture}
```

- 👉 `arcsepB=2pt`: 使得弧线的终点与宽度为 2pt 的直线恰好接触 (避免箭头与直线重叠)
- 👉 类似选项: `arcsep`, `arcsepA`

# 画曲线

## 画椭圆（水平）：

```
\psellipse[选项](x,y)(a,b)
```

- 以  $(x, y)$  为中心，水平半轴为  $a$ ，竖直半轴为  $b$
- 相应的带星号的命令画实心椭圆

## 画抛物线（开口向上或向下）：

```
\parabola(x_0,y_0)(x_1,y_1)
```

- 以  $(x_0, y_0)$  为起始点， $(x_1, y_1)$  为极值点
- 相应的带星号的命令画实心抛物弓形

# 画曲线

## 画一条通过指定点的曲线:

```
\pscurve[选项]{箭型}(x_1, y_1) \dots (x_n, y_n)
```

```
\psccurve[选项](x_1, y_1) \dots (x_n, y_n)
```

```
\psecurve[选项]{箭型}(x_1, y_1) \dots (x_n, y_n)
```

- ☞ 第二个命令画封闭曲线
- ☞ 第三个命令不画首尾两点
- ☞ 可使用 `curvature` 参数控制曲线的形状

# 画曲线

## 画 Bézier 曲线:

```
\psbezier[选项]{箭型}(x_1, y_1)(x_2, y_2)(x_3, y_3)(x_4, y_4)
```



















- ☞ 画一条连接  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_4, y_4)$  的 Bézier 曲线,  $(x_2, y_2)$ ,  $(x_3, y_3)$  为控制点

# 彩色

## □ PSTricks 能调用xcolor 宏包给图形着色

☞ 常见的颜色: red, green, blue, cyan, magenta, yellow, black, white, orange, violet, purple, ...

### Base colors (always available)

 <i>black</i>	 <i>darkgray</i>	 <i>lime</i>	 <i>pink</i>	 <i>violet</i>
 <i>blue</i>	 <i>gray</i>	 <i>magenta</i>	 <i>purple</i>	 <i>white</i>
 <i>brown</i>	 <i>green</i>	 <i>olive</i>	 <i>red</i>	 <i>yellow</i>
 <i>cyan</i>	 <i>lightgray</i>	 <i>orange</i>	 <i>teal</i>	



# 更多颜色

 \usepackage[dvipsnames]{pstricks}

## Colors via dvipsnames option

 Apricot	 Cyan	 Mahogany	 ProcessBlue	 SpringGreen
 Aquamarine	 Dandelion	 Maroon	 Purple	 Tan
 Bittersweet	 DarkOrchid	 Melon	 RawSienna	 TealBlue
 Black	 Emerald	 MidnightBlue	 Red	 Thistle
 Blue	 ForestGreen	 Mulberry	 RedOrange	 Turquoise
 BlueGreen	 Fuchsia	 NavyBlue	 RedViolet	 Violet
 BlueViolet	 Goldenrod	 OliveGreen	 Rhodamine	 VioletRed
 BrickRed	 Gray	 Orange	 RoyalBlue	 White
 Brown	 Green	 OrangeRed	 RoyalPurple	 WildStrawberry
 BurntOrange	 GreenYellow	 Orchid	 RubineRed	 Yellow
 CadetBlue	 JungleGreen	 Peach	 Salmon	 YellowGreen
 CarnationPink	 Lavender	 Periwinkle	 SeaGreen	 YellowOrange
 Cerulean	 LimeGreen	 PineGreen	 Sepia	
 CornflowerBlue	 Magenta	 Plum	 SkyBlue	

# 彩色

❑ 设置线条颜色的选项: `linecolor=颜色`

→ 例: `\psframe[linecolor=blue](0,0)(2,2)`

❑ 设置填充颜色的选项: `fillcolor, fillstyle`

→ 例: `\psframe[fillstyle=solid,fillcolor=blue](0,0)(2,2)`

→ `fillstyle` 的取值有: `none, solid, vlines, hlines, crosshatch, vlines*, hlines*, crosshatch*`

(带星号的表示仍然对背景着色)

# 坐标网格

## 画坐标网格:

```
\psgrid[选项]( $x_0, y_0$ )( $x_1, y_1$ )( $x_2, y_2$ )
```

- ☞  $(x_0, y_0)$  表示坐标标注的起始点，可省略
- ☞  $(x_1, y_1)(x_2, y_2)$  指定网格范围
- ☞ 若三个点全部省略，则使用 `pspicture` 的参数
- ☞ 若需要使用极坐标，则在画网格命令前加上命令 `\SpecialCoor`，此时点的坐标应写为  $(r; \theta)$ ，其中  $r$  为弧长，角度  $\theta$  以度为单位

## \psgrid 的选项

选 项	说 明	默认值
subgriddiv	主网格划分数	5
gridwidth	主网格线的宽度	0.8 pt
subgridwidth	次网格线的宽度	0.4 pt
griddots	当这个数大于0时, 主网格是点线, 每格有这么多个点	0
subgriddots	当这个数大于0时, 次网格是点线, 每格有这么多个点	0
gridlabels	坐标标注的字体大小	10pt
gridcolor	主网格线的颜色	black
subgridcolor	次网格线的颜色	black
gridlabelcolor	网格标注的颜色	black

# 放置绘图对象

## ❑ 放置绘图对象:

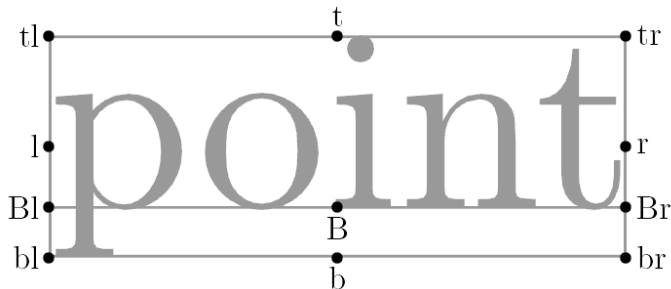
```
\rput(x, y){对象}
```

```
\rput{旋转角度}(x, y){对象}
```

```
\rput[参考点]{旋转角度}(x, y){对象}
```

- 👉 将对象的原点移到  $(x, y)$ ，即移到对象
- 👉 第三个命令主要针对文本，设置文本排放的位置  
这对于在图上标注文本非常有用！

□ 参考点: `\rput` 将该点移至  $(x, y)$



→ 缺省的参考点是文本盒子的中心点

# 放置绘图对象

❏ `\uput` 命令:

`\uput{长度}[方位]{旋转角度}{对象}`

- 👉 该命令专门用来放置标注文本
- 👉 **长度**: 放置后文本与点  $(x, y)$  的距离, 缺省为参数 `labelsep` 的值, 该参数的默认值为 5pt
- 👉 **方位**: 与点  $(x, y)$  的相对位置, 取值为角度, 或下面的缩写: `r`(右), `u`(上), `l`(左), `d`(下), `ur`, `ul`, `dr`, `dl`

# 用函数画曲线

## □ 用函数画曲线

👉 调用 `pst-plot` 宏包

```
\usepackage{pst-plot}
```

(1) 将函数写成 PostScript 命令形式

(2) 调用相关命令绘图:

`\psplot`, `\parametricplot`, ...



# PostScript 中的运算符和函数

算 子	意 义	语 法	例	
			输 入	结 果
add	两数之和	数1 数2 add	7 2 add	9
sub	两数之差	数1 数2 sub	7 2 sub	5
mul	两数之积	数1 数2 mul	7 2 mul	14
div	两数之商	数1 数2 div	7 2 div	3.5
exp	数的指数函数	数1 数2 exp	7 2 exp	49
idiv	整数相除之整商	数1 数2 idiv	7 2 idiv	3
mod	整数相除之余数	数1 数2 mod	7 2 mod	1
sqrt	数的平方根	数 sqrt	16 sqrt	4
neg	相反数	数 neg	7 neg	-7
abs	绝对值	数 abs	-7 abs	7

算 子	意 义	语 法	例	
			输 入	结 果
ceiling	向上取整	数 ceiling	7.6 ceiling	8
floor	向下取整	数 floor	7.6 floor	7
round	四舍五入	数 round	7.6 round	8
			7.2 round	7
sin	正弦(度为单位)	数 sin	30 sin	0.5
cos	余弦(度为单位)	数 cos	60 cos	0.5
atan	反正切(度为单位)	数 atan	1 atan	45
ln	自然对数	数 ln	2.71828182 ln	1
log	常用对数	数 log	100 log	2

→ 调用 `pst-math` 宏包后可使用更多函数  
(见 `pst-math.pdf`)

## ❑ 绘图命令:

`\psplot[选项]{下界}{上界}{函数表达式}`

👉 下界、上界: 变量  $x$  的变化范围

👉 函数表达式: 用 PostScript 语言描述的函数

👉 两个重要选项: `plotstyle`, `plotpoints`

→ `plotpoints` 为一整数, 缺省值为 50

→ 当 `plotstyle=curve` 时, `\psplot` 先计算函数在 `plotpoints` 个等分点上的函数值, 然后用 `\pscurve` 画出经过这些点的曲线

→ 当 `plotstyle=dots` 时, 可用 `dotstyle` 指定点的形状

→ `plotstyle` 也可以是: `ccurve`, `ecurve`, `line`, `polygon`

# 用函数画曲线举例

👉 函数  $y = x^3 - x$ ,  $(-1.5 \leq x \leq 1.5)$

```
\psplot[plotstyle=curve]%  
      {-1.5}{1.5}{x 3 exp x sub}
```

```
\psplot[plotstyle=curve,%  
      plotpoints=5]%  
      {-1.5}{1.5}{x 3 exp x sub}
```

```
\psplot[plotstyle=line,%  
      plotpoints=5]%  
      {-1.5}{1.5}{x 3 exp x sub}
```

## ❑ 参数作图:

`\parametricplot[选项]{下界}{上界}{函数表达式}`

👉 例: 画下面函数的图像

$$x = 1/(1 + t^2), y = t^3/(1 + t^2), (-2 \leq t \leq 2)$$

```
\parametricplot%
    [plotstyle=curve,%
     linecolor=blue]%
    {-2}{2}%
    {t t 2 exp 1 add div t 3 exp
     t 2 exp 1 add div}
```

# 画坐标架

## 画坐标架:

`\psaxes[选项]{箭型}(x_0, y_0)(x_1, y_1)(x_2, y_2)`

☞  $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ : 确定作标架的范围

☞  $(x_0, y_0)$ : 两个坐标轴的交点

☞ 若只给出两个点, 则第一个点被重复使用两次

☞ 若只给出一个点, 则前两个点均设为  $(0, 0)$

→ 例:

`\psaxes{o->}(-1,1)(-2,-1)(3,2)`

`\psaxes{->}(3,2)`

# 画坐标架

## □ 常用选项:

- 👉 `ticks, labels`: 画短线和标注, 取值有:  
`all`(缺省值), `x`, `y`, `none`
- 👉 `tickstyle`: 控制短线位置, 取值有: `full`(缺省值),  
`top`(在标注的另一侧), `bottom`(与标注同一侧)
- 👉 `ticksize`: 控制短线长度, 缺省为 3pt
- 👉 `showorigin=false`: 不显示原点的标注
- 👉 `labelsep`: 标注与坐标轴之间的距离

# 画坐标架

👉 更改标注属性(颜色、字体等):

重新定义命令 `\pshlabel`, `\psvlabel`

```
\renewcommand{\pshlabel}[1]{\color{blue}#1}
```

👉 图像原点不是 (0, 0) 的处理方法

```
\psaxes[Ox=1994, Oy=0, Dx=1, Dy=10,%  
dx=2, dy=1](10.5, 7.5)
```

原点的  $x$  标注为 1994, 增量为 1, 相邻两个标注间距为 2 个 xunit; 原点的  $y$  标注为 0, 增量为 10, 相邻两个标注间距为 1 个 yunit



## 其它功能

- ❑ 从文件中提取数据作图：  
`\fileplot`, `\dataplot`, `\listplot`
  - ❑ 带边框的文字和蛇形文字：  
`\psframebox`, `\psshadowbox`, ...
  - ❑ 变换：`\psrotateleft`, `\psrotateright`, ...
  - ❑ 螺旋形曲线：`\pscoil`, `\pszigzag`, ...
  - ❑ 节点及其连线：`\rnode`, `\pnode`, ...
- 详见教材或 PSTricks 的手册